

Simulasi Penggunaan *Fin Undership* Terhadap Tahanan dan Gaya Dorong Kapal dengan Metode Analisa CFD

Joko Susilo, Agoes Santoso, Tony Bambang Musyiradi

Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: joko.susilo10@mhs.ne.its.ac.id , silo.sukses@gmail.com

Abstrak— Desain lambung kapal di masa ini banyak mengalami modifikasi, modifikasi yang dilakukan sangat memperhatikan nilai hambatan yang terjadi ketika lambung kapal mengalami modifikasi. Tahanan total sangat diperhatikan karena semakin kecil tahanan total maka semakin kecil pula gaya dorong yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal tersebut, sehingga keuntungan dapat didapatkan dari segi penghematan tenaga penggerak kapal. Penambahan variasi sirip (*fin*) pada area bawah lambung kapal merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengubah besarnya nilai tahanan dan gaya dorong yang ditimbulkan oleh kapal. Tujuan penambahan dan pengaturan posisi sirip pada area bawah lambung kapal adalah untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai gaya dorong dan tahanan kapal. Perhitungan tahanan dapat dilakukan secara manual serta melalui metode simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Penambahan sirip pada area bawah lambung kapal tidak berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan gaya dorong dan tahanan kapal. Hasil simulasi CFD menunjukkan presentase perubahan nilai tahanan sebesar 0.19% dan kenaikan gaya dorong sebesar 0.98% untuk tipe sirip tunggal 01A. Kenaikan gaya dorong terbesar didapatkan dari sirip ganda tipe 02B, yaitu sebesar 1.02%.

Kata Kunci— CFD, Gaya Dorong, Sirip, Tahanan Kapal.

I. PENDAHULUAN

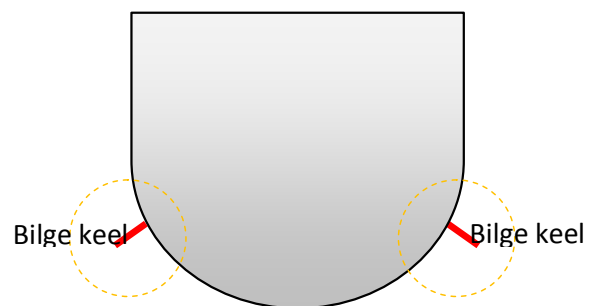
Kapal merupakan alat transportasi yang sangat diperlukan saat ini, mengingat kebutuhan masyarakat dan industri yang semakin pesat. Sebuah kapal dapat dikatakan efektif dan efisien apabila dapat memenuhi beberapa persyaratan, salah satunya adalah pemenuhan waktu operasi kapal, semakin cepat sebuah kapal menempuh jarak yang dituju maka kapal tersebut semakin efisien. Pada masa ini banyak modifikasi dan perlakuan yang dilakukan terhadap sebuah kapal demi memenuhi kebutuhan tersebut. Demikian juga dalam hal pengoperasian *supply vessel* untuk mengantarkan *crew* yang bekerja di sebuah anjungan diatas laut. Salah satu modifikasi yang dilakukan adalah dengan adanya penambahan *fins* pada area dibawah lambung kapal, penambahan pada bagian ini dilakukan dengan tujuan mengarahkan aliran fluida dibawah lambung kapal yang

mengarah pada propeller kapal lebih selaras. Penambahan *Fins* diharapkan mampu memperkecil tahanan viskos kapal, penelitian ini menganalisa tahanan viskos pada kapal sebelum dan sesudah adanya penambahan fins. Dari penelitian ini akan diketahui apakah dengan adanya fins mampu memperkecil tahanan kapal mengingat penambahan fins merupakan tahanan lambung kapal (*Appendages Resistance*) pada kapal. Penelitian ini juga akan membuktikan bagaimana arah aliran dari air yang terletak dibawah lambung kapal apakah selaras menuju propeler atau malah menimbulkan turbulensi baru pada area dibawah lambung kapal. Dari penelitian ini diharapkan akan didapatkan data seberapa besar pengaruh *Fins* terhadap tahanan kapal dan bagaimana pengaruhnya terhadap nilai gaya dorong yang dihasilkan yang nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam perancangan desain modifikasi lambung kapal yang lebih efektif.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Umum

Kapal merupakan salah satu moda transportasi yang digunakan untuk keperluan jalur perairan dan digunakan untuk berbagai kepentingan, baik transportasi barang, maupun transportasi manusia dalam berbagai kepentingan diatas air, berbagai teknologi diuji dan digunakan demi mendapatkan desain kapal terbaik dan efektif dalam hal operasional kapal. *Fins* atau sirip atau biasa disebut *bilge keel* merupakan penambahan komponen pada lambung kapal untuk menjaga stabilitas kapal ketika terjadi *rolling* dan dipasang pada area bilga untuk menjaga kondisi kapal tetap stabil.

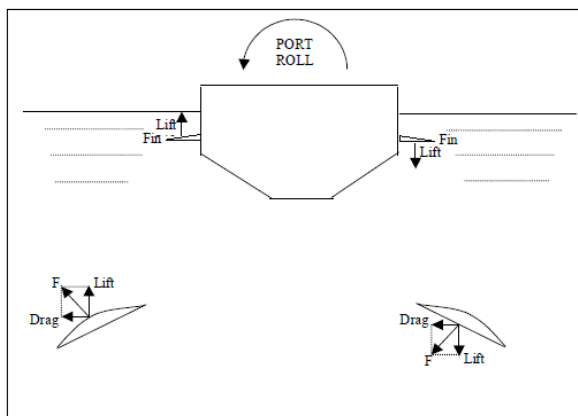


Gambar. 1. Ilustrasi peletakan dan posisi sirip pada lambung kapal

Kedua sirip bilga yang terpasang mempunyai tujuan sebagai penstabil kapal apabila mengalami *rolling*. Pada penulisan tugas akhir ini akan di analisa pemasangan *fins* pada area dibawah lambung kapal sebagai salah satu cara untuk meningkatkan performa dan kecepatan kapal dengan harapan mampu menurunkan tahanan viskos kapal dan mengatur aliran gelombang dibawah lambung kapal yang menuju ke *propeller*. Dengan adanya sirip diharapkan mampu meningkatkan laju aliran fluida dan menurunkan tekanan fluida yang menabrak komponen badan kapal. Penambahan pada daerah *Trailing edge* pernah dilakukan sebelumnya pada daun propeller oleh Jatmiko^[1].

B. Fin Stabilizer

Fin stabilizer adalah suatu peralatan *roll damping system* yang dipasang pada lambung kanan dan kiri kapal bagian bawah yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan kapal pada saat kapal berada di atas air dan bekerjanya berdasarkan prinsip pengontrolan posisi *fin*. Peralatan ini dimaksudkan untuk mengurangi pengaruh gerakan *roll* (oleng) kapal yang disebabkan gelombang air laut. Tujuan dipasang *fin stabilizer* adalah untuk memberikan kenyamanan bagi penumpang atau ABK (Anak Buah Kapal) dan keamanan peralatan didalamnya serta peningkatan akurasi sistem senjata pada kapal perang. Terutama pada kapal perang jenis kapal cepat dan tipe patroli, dimana kapal-kapal tipe ini memiliki berat yang ringan karena sebagian dari badan kapal terbuat dari logam.



Gambar. 2. Posisi *Fin Stabilizer* pada kapal patroli

Pada masa ini banyak modifikasi yang dilakukan dan mencoba mengubah prinsip *Fin stabilizer* untuk digunakan pada kapal supply vessel untuk mengatur aliran fluida di bawah lambung kapal dengan tujuan mengarahkan aliran fluida bawah lambung kapal agar terpusat dan menuju ke propeller dengan sempurna untuk menambah gaya dorong yang dihasilkan oleh kapal. Pengujian terhadap tahanan kapal akibat adanya *fins* pada area lambung kapal juga sudah dilakukan menggunakan *software maxsurf* oleh Willy^[2]. Pengujian membuktikan bahwa penambahan *fin* menunjukkan kenaikan tahanan pada area bawah lambung kapal dan tidak mempunyai pengaruh terhadap stabilitas kapal, namun aliran turbulen pada area bawah kapal menjadi hal yang perlu dikaji kembali pada penelitian ini mengingat tingkat ketelitian

software maxsurf tidak sedetail analisa menggunakan metode CFD.

Melalui metode pengujian dengan CFD akan diketahui besarnya perubahan kecepatan aliran yang terjadi pada area

Tabel 1.

Hasil pengujian nilai tahanan total akibat adanya penambahan *fin* pada area bawah lambung kapal menggunakan *maxsurf*.

Speed		Resistant (Holtrop)		
Knots	m/s	(kN)	(Kw)	(Hp)
8	4.11552	21.39	88.03	118.05
9	4.62996	27.99	129.59	173.79
10	5.1444	41.41	213.03	285.68
11	5.65884	55.28	312.82	419.50
12	6.17328	74.86	462.13	619.73

dibawah lambung kapal, sehingga presentase kenaikan tahanan akibat adanya penambahan *fin* dapat diketahui, lebih dari itu analisa juga dilakukan terhadap besarnya perubahan gaya dorong yang dihasilkan oleh propeller akibat arus ikut yang menuju propeller, sehingga dapat digunakan sebagai pertimbangan terhadap modifikasi *fin* yang akan dilakukan, berikut merupakan peletakan *fin* pada area bawah lambung kapal yang sudah disimulasikan menggunakan *software maxsurf* untuk mengetahui besarnya tahanan total yang ditimbulkan.



Gambar. 3. Ilustrasi penempatan *fins* pada area bawah lambung kapal

C. Tahanan Kapal

Tahanan kapal secara garis besar dapat didefinisikan sebagai suatu gaya yang bekerja melawan gerakan kapal. Gaya tersebut ditimbulkan akibat adanya kontak langsung antara kapal dan fluida. Tahanan kapal total dapat dibagi menjadi beberapa komponen, diantaranya adalah tahanan viskos (R_v), gelombang (R_w) dan udara (R_a). Karena nilai tahanan udara sangat kecil, sekitar 4% dari tahanan total, maka perannya seringkali diabaikan. Rumus tahanan dapat disederhanakan menjadi.

$$RT = R_v + R_w \quad (1)$$

Dimana R_T merupakan tahanan total kapal (N), Kemudian R_v merupakan tahanan viskos (N), R_w merupakan tahanan gelombang (N). Komponen tahanan viskositas dapat ditunjukkan pada sebuah persamaan sebagai berikut :

$$C_v = C_F + K C_F \quad (2)$$

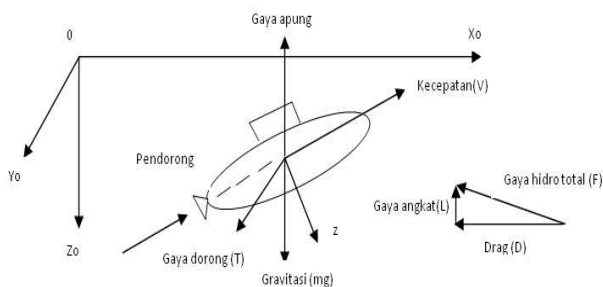
Dimana C_v merupakan koefisien tahanan viskos, kemudian C_F merupakan koefisien tahanan gesek dari sebuah kapal dan K merupakan konstanta. Tahanan gesek merupakan komponen tahanan yang terkait dengan gaya yang timbul akibat dari gesekan antara molekul fluida. Penyebab utama tahanan ini adalah viskositas, kecepatan kapal dan luas permukaan basah. Rumus umum dari tahanan gesek kapal menurut Lewis Edward^[3] adalah :

$$R_f = \frac{1}{2} \rho \cdot C_f \cdot S \cdot V^2 \quad (3)$$

Dimana R_f merupakan tahanan gesek (N), ρ merupakan massa jenis fluida (kg/m^3), C_f merupakan koefisien gesek, S merupakan luasan area yang tercelup dalam air (m^2), dan V adalah kecepatan kapal (m/s).

D. Gaya Dorong Kapal

Merupakan komponen yang sangat penting yang mana digunakan untuk mengatasi Tahanan (*Resistance*) atau Gaya Hambat kapal. Pada kondisi yang sangat-sangat ideal, besarnya gaya dorong yang dibutuhkan mungkin sama besar dengan gaya hambat yang terjadi dikapal. Gerakan kapal di fluida bekerja seperti sistem sumbu *orthogonal* yaitu 3 (tiga) buah sumbu x, y, dan z, ditempatkan sedemikian rupa, pusat sumbu berimpit dengan titik berat kapal. Bidang x, dan y satu bidang dengan permukaan bumi (sejajar).



Gambar. 4. Komponen Gaya yang bekerja pada kapal

Gerakan kapal dibebani 4 (empat) gaya yang tidak tergantung satu sama lainnya :

- Gaya hidrostatik yaitu massa kali percepatan gravitasi bumi (mg).
- Hambatan hidrostatik (gaya apung) F_A atau γv . Seperti halnya mg, tekanan atau gaya ini selalu sejajar dengan Z_o .
- Resultante gaya hidrodinamik (F) yang didesakkan oleh air pada kapal sebagai akibat gerakan menerjang air tersebut. Gaya F dapat diuraikan dalam 2 (dua) ; komponen gaya angkat (L) dan komponen tahanan (atau drag) R (atau D). Dimana L tegak lurus terhadap kecepatan kapal dan R (atau D) sejajar V.
- Gaya dorong (T), yang di desakkan oleh air pada pendorong kapal, umumnya berlawanan arah dengan R.

E. Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD)

Simulasi adalah tiruan dari sebuah sistem dinamis dengan menggunakan model komputer yang digunakan untuk

melakukan evaluasi dan meningkatkan kinerja sistem. Definisi lain dari simulasi adalah Cara untuk mereproduksi kondisi situasi, dengan menggunakan model untuk mempelajari, menguji, pelatihan, dll. Simulasi merupakan teknik atau cara penyelesaian persoalan melalui pengolahan data operasi sistem imitasi untuk memperoleh data output penyelidikan atau percobaan penelitian sebagai bahan solusi persoalan ataupun sebagai bahan masukan dalam rangka pengembangan dan perbaikan struktur dan operasi sistem ril.

CFD merupakan analisa sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait lainnya seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi komputer. Metode ini meliputi fenomena yang berhubungan dengan aliran fluida seperti sistem *liquid* dua fase, perpindahan massa dan panas, reaksi kimia, dispersi gas atau pergerakan partikel tersuspensi. Program CFD yang digunakan disini adalah sebagai alat bantu pemodelan atas konfigurasi sistem penggerak yang akan dianalisa, baik itu untuk kondisi aktual / sebenarnya maupun konfigurasi rancangan yang akan dianalisa. Dari pemodelan ini nantinya akan diperoleh data yang kemudian akan dianalisa lebih lanjut sehingga hasil akhirnya dapat diperoleh sebagai acuan perhitungan tahanan dan gaya dorong pada tipe lambung kapal supply vessel yang paling optimal.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Studi Literatur

Kajian studi dilakukan berhubungan dengan konsep penelitian dan perhitungan terhadap pengaruh adanya penambahan komponen pada area bawah lambung kapal baik secara numeric maupun menggunakan perangkat lunak (*software*). Selain itu pengkajian dilakukan juga terhadap teori dan analisa pada CFD yang sudah dilakukan sebelumnya melalui referensi penelitian, buku literature, pencarian melalui internet hingga pembelajaran langsung kepada para ahli, guru maupun pihak pihak yang berhubungan langsung dengan studi terhadap analisis menggunakan pendekatan *Computational Fluids Dynamics*.

B. Penggambaran Model dan Variasi Model Fin

Penggambaran model *fin* terhadap badan kapal pada bagian dibawah area lambung kapal. Penggambaran dilakukan dengan memvariasikan bentuk dari *fin* yang terpasang pada lambung kapal. Penggambaran dilakukan dengan bantuan software *ANSYS ICEM CFD*. Model yang digunakan adalah lambung kapal jenis "U" pada sebuah *supply vessel* 50 m. Dari model yang sudah ada, penggambaran dilanjutkan dengan software *ICEM CFD* untuk menggambarkan lambung kapal yang tercelup di bagian air. Penggambaran terbatas hingga sarat kapal, karena input dari CFD adalah untuk badan kapal yang menabrak aliran secara langsung untuk mempermudah dalam batasan pada software CFD nantinya.

Gambar. 5. Penggambaran dan variasi model fin pada kapal menggunakan perangkat lunak ICEM CFD

Tabel 5.

Hasil variasi *Fin* terhadap tekanan yang diterima lambung kapal pada kecepatan 12 knot

No	Variasi fin	Velocity (m/s)	Pressure (Pa)
1	FIN 00	4.332	2,020
2	FIN 01	4.391	2,046
3	FIN 1A	4.386	2,014
4	FIN 1B	4.338	2,021
5	FIN 2A	4.362	2,020
6	FIN 2B	4.347	2,018
7	FIN 2C	4.383	2,047

Setelah model lambung kapal selesai digambarkan maka langkah selanjutnya adalah memvariasikan pemasangan *Fin* pada area dibawah lambung kapal, adapun variasi dan penamaan *Fin* yang akan dipasang pada lambung kapal adalah sebagai berikut :

a. Model *FIN 00*

Merupakan model lambung kapal yang tidak menggunakan tambahan *Fin*, model ini juga dianalisa sebagai nilai pembandingan perubahan yang terjadi apabila dilakukan modifikasi terhadap area di bawah lambung kapal menggunakan *Fin*.

b. Model *Fin Tunggal 01, FIN 01A, FIN 01B*

Merupakan model *Fin* yang pertama akan disimulasikan, berupa sirip tunggal yang terletak di bawah lunas kapal,

c. Model *Fin Ganda 02A, FIN 02B, FIN 02C*

Fin ganda yang akan disimulasikan. Penggunaan *Fin* ini prinsipnya menyamai sirip yang berada pada papan selancar untuk mengarahkan aliran fluida tepat ke bagian buritan atau propeller kapal sehingga mampu meningkatkan besarnya kecepatan aliran yang menuju ke propeller. *Fin* ganda bertujuan membagi aliran bawah lambung kapal agar besarnya tekanan fluida di bawah area lambung kapal menurun.

C. Simulasi CFD

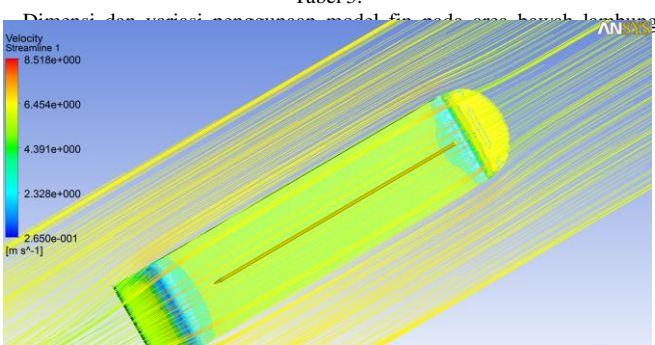
Pada tahapan simulasi menggunakan perangkat lunak CFD dilakukan terhadap tujuh variasi model penggunaan *fin*.

Tabel 2.

Dimensi dan variasi penggunaan model fin tunggal pada area bawah lambung kapal

	MODEL FIN 01	FIN 01A	FIN 01 B
Panjang	30 m	30 m	30 m
Lebar	0.4 m	0.5 m	0.6 m
Tinggi	0.5 m	0.8 m	1.0 m

Tabel 3.



Secara umum proses simulasi CFD melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama *preprocessor* terdiri dari input masalah aliran melalui *interface* kemudian mengubahnya sesuai kebutuhan dari model yang akan disimulasikan. Tahapan *solver* adalah tahapan dimana model telah divariasikan domain dan semua data inputan yang dilakukan sudah sesuai dan siap di *running* dan menghasilkan data yang bisa dimunculkan pada tahapan *post processor* untuk melihat variasi data yang muncul.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Tahapan dimana analisa data dilakukan terhadap hasil simulasi CFD yang sudah dilakukan, analisa mengenai hasil simulasi, pengaruh penambahan *fin undership*. Analisa perbandingan model kapal yang menggunakan *fin* maupun terhadap kapal yang tidak diberi variasi model *fin*. Data yang didapat dari perhitungan akan ditabulasikan juga dalam tabel sehingga mempermudah dalam melihat hasil perubahan yang terjadi.

Tabel 4.

Hasil variasi *Fin* terhadap tahanan lambung kapal pada kecepatan 12 knot

No	Model Fin	Va	wallsheer	F Drag (N)
1	FIN 00	6.445	31.2	35.99357
2	FIN 01	6.454	33.64	39.49702
3	FIN 01A	6.450	30.58	36.37366
4	FIN 01B	6.425	30.93	36.82628
5	FIN 02A	6.425	30.93	36.82628
6	FIN 02B	6.404	33.33	41.0106
7	FIN 02C	6.473	30.93	38.0546

Tabel diatas menunjukkan nilai perubahan kecepatan aliran yang terjadi akibat adanya *fin undership* dari berbagai model bails menggunakan *fin* tunggal dan menggunakan *fin* ganda.

paling kecil adalah *Fin* tipe 01 A, dan untuk pengaruh nilai terbesar adalah *fin* tipe 02B.

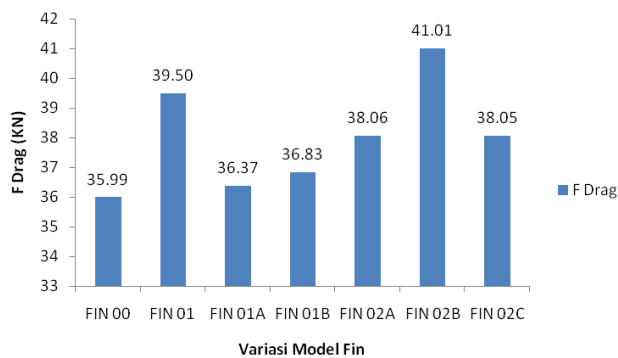
Selain kecepatan dan tahanan yang dianalisa, komponen utama yang dikaji dari penelitian ini adalah perubahan gaya dorong yang dihasilkan akibat adanya penambahan *Fin* yang berpengaruh terhadap kecepatan aliran yang menuju ke propeller.

Tabel 6.

Hasil variasi *Fin* terhadap tekanan yang diterima lambung kapal pada kecepatan 12 knot

No	Model <i>Fin</i>	V_a	Thrust (KN)
1	FIN 00	6.445	32.0290
2	FIN 01	6.454	32.0142
3	FIN 01A	6.450	32.3435
4	FIN 01B	6.425	32.0289
5	FIN 02A	6.423	32.3089
6	FIN 02B	6.404	32.3572
7	FIN 02C	6.473	32.0141

Tabel 6. Hasil simulasi (tabel 4, tabel 5, tabel 6) yang didapat dalam penelitian ini di plot ke dalam grafik untuk lebih mengetahui hubungan dari masing-masing perubahan yang dilakukan terhadap hasil tahanan dan gaya dorong yang dihasilkan oleh kapal sebagai akibat adanya penambahan komponen *Fin* pada area dibawah lambung kapal.

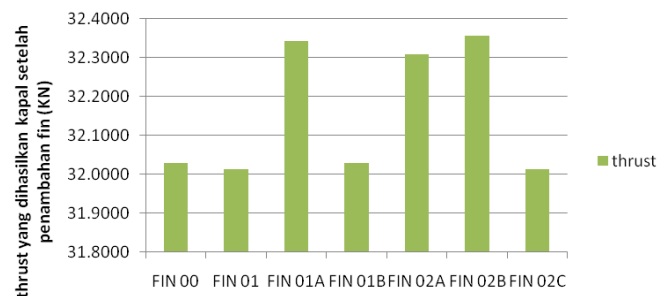


Gambar. 7. Grafik Hubungan antara variasi bentuk *fin* dengan perubahan nilai tahanan kapal.

Dari gambar 7 dapat diketahui hubungan antara variasi penggunaan *fin* tunggal dan ganda, tahanan terbesar terlihat pada penggunaan variasi *Fin* tipe FIN 02B pada kisaran 41,01 KN, sementara perubahan terendah terdapat pada variasi *Fin* tipe FIN 01A dengan nilai 36,37 KN. Kenaikan terendah terjadi sekitar 0,015 % sementara kenaikan tahanan terbesar ada di nilai 13,93 % pada FIN tipe 02B. Sehingga dapat dikatakan untuk model *fin* dengan pengaruh nilai tahanan

Pada gambar 8 tersebut terlihat bahwa tekanan terbesar yang diterima oleh badan kapal terjadi pada *Fin* tipe 01 dengan nilai melebihi 2040 Pa dan pengaruh terkecil terdapat pada *Fin* tipe 01 A dikisaran nilai 2010 Pa.

Perbandingan thrust yang dihasilkan oleh masing masing fin



Gambar. 9. Grafik Hubungan antara variasi bentuk *fin* dengan perubahan nilai thrust yang dihasilkan oleh kapal.

Dari grafik yang terdapat pada gambar 4.11 diketahui bahwa terjadi peningkatan seiring perubahan variasi bentuk dan juga jarak antara *Fin* ganda. Kenaikan terbesar terjadi pada *Fin* jenis 01A pada angka 32.345 KN dan diikuti oleh model *Fin* tipe 02B pada nilai 34.572 KN dan menunjukkan kenaikan yang relative kecil akibat adanya modifikasi penambahn *Fin* pada area bawah lambung kapal. Kenaikan nilai thrust yang terjadi dari semua variasi sangatlah kecil kurang dari 2 %.

V. KESIMPULAN

Penambahan dan pengaturan posisi *fin undership* mempunyai pengaruh minimal terhadap kenaikan nilai tahanan dan gaya dorong kapal. Pengaruh kenaikan nilai tahanan terbesar pada penambahan jenis *fin* tunggal tipe 01 dengan kenaikan nilai tahanan sebesar 3,50 KN dan untuk jenis *fin* ganda terdapat pada tipe fin 02 B sebesar 6,01 KN. Presentase kenaikan tahanan minimum sesuai simulasi CFD terdapat pada *fin* tipe 01A dengan nilai kenaikan 0,015% dan kenaikan terbesar terdapat pada *fin* 02B dengan nilai kenaikan 13,9 %. Perubahan gaya dorong terbesar ditunjukkan pada variasi *fin*

tunggal tipe 01 A sebesar 0.98 % untuk variasi *fin* ganda tipe 02B sebesar 1.02%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Ir. Agoes Santoso , dan bapak Ir. Tony Bambang M. atas bimbingan dan bantuannya dalam penyelesaian jurnal ini. Seluruh staf dan karyawan Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS Surabaya yang etelah membantu segala urusan administrasi dari penulis. Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jatmiko, edi. 2005 “Studi Penyempurnaan Rancangan Screw Propeller Untuk Peningkatan Efisiensi Kapal” Laporan Tugas Akhir, ITS. Surabaya.
- [2] Willy,Wishnu. 2013. “Anallisa Efisiensi Penggunaan Fins Undership Terhadap Tahanan dan Stabilitas Kapal“. Laporan Tugas Akhir, ITS. Surabaya.
- [3] Lewis, Edward V. 1998. “Principles of Naval Architecture Volume II:Resistance, Propulsion and Vibration”. Society of Naval Architects & Marine Engineers.